

Evaluación Experimental de una Etapa de Conexión a Red Bidireccional de 50 kW para Estaciones de Recarga Rápida de Vehículos Eléctricos



Francisco Llopis Lanuza

Directores: Emilio Figueres y Gabriel Garcerá

Fuente imagen: GH Electrotermia

Indice

- 1 Proyecto SURTIDOR**
- 2 Funcionamiento cargador**
- 3 Solución propuesta**
- 4 Modelo**
- 5 Diseño de los lazos de control**
- 6 Descripción del prototipo experimental**
- 7 Resultados experimentales**
- 8 Conclusiones**
- 9 Trabajos futuros**

1 Proyecto SURTIDOR

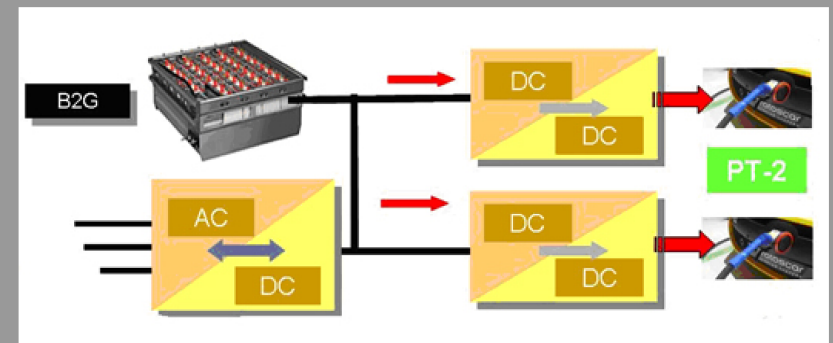
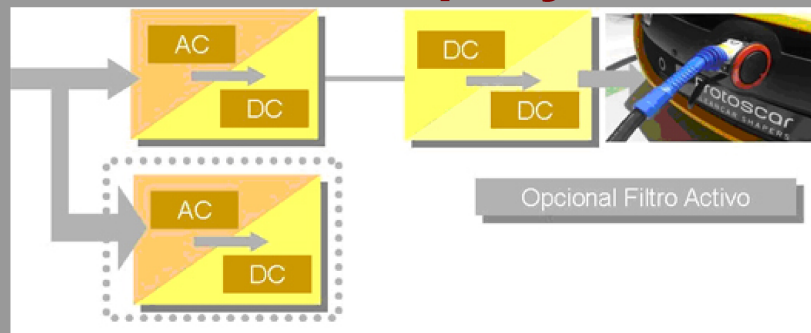
Motivación:

Necesidad de la implantación de una infraestructura de puntos de recarga para los vehículos eléctricos

Objetivo:

Concepción, estudio teórico, diseño y verificación experimental de una estación de recarga ultra-rápida de baterías en continua para el vehículo eléctrico

Resumen del proyecto:



Fuente imagen: GH Electrotermia

- ♦ PT1- Estación unidireccional de recarga ultrarrápida para el vehículo eléctrico

- ♦ PT2- Estación de recarga ultrarrápida con sistema de almacenamiento energético bidireccional

1 Proyecto SURTIDOR

Participantes:



GH ELECTROTERMIA S.A.



ENDESA



IBERDROLA



SAFT BATERÍAS



TALLERES HERGA



DESARROLLO Y
AUTOMOVILIDAD



Centre d'Innovació Tecnològica en
Convertidors Estàtics i Accionaments
(CITCEA-UPC)



UNIVERSIDAD DE OVIEDO (U.O)



Instituto de Tecnología Eléctrica
(ITE)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
DE VALENCIA
(UPV)



UNIVERSIDAD DE VALENCIA
(UV)



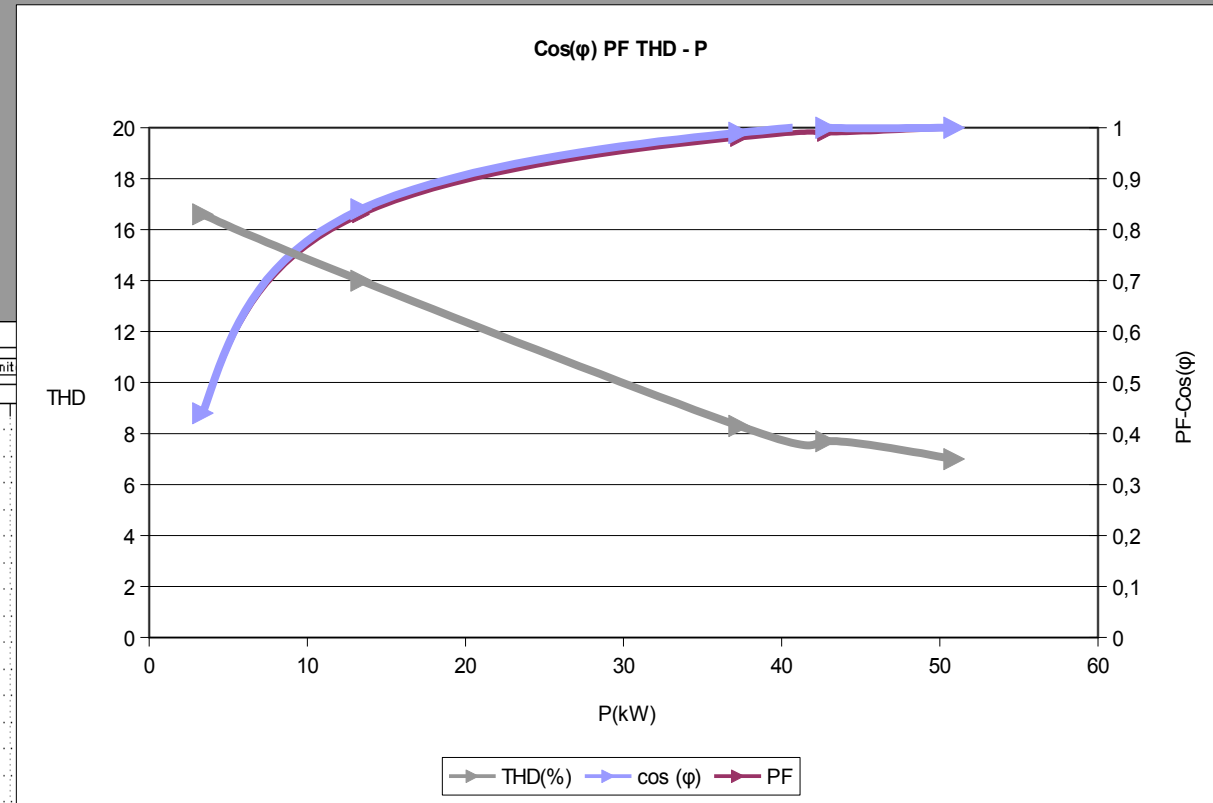
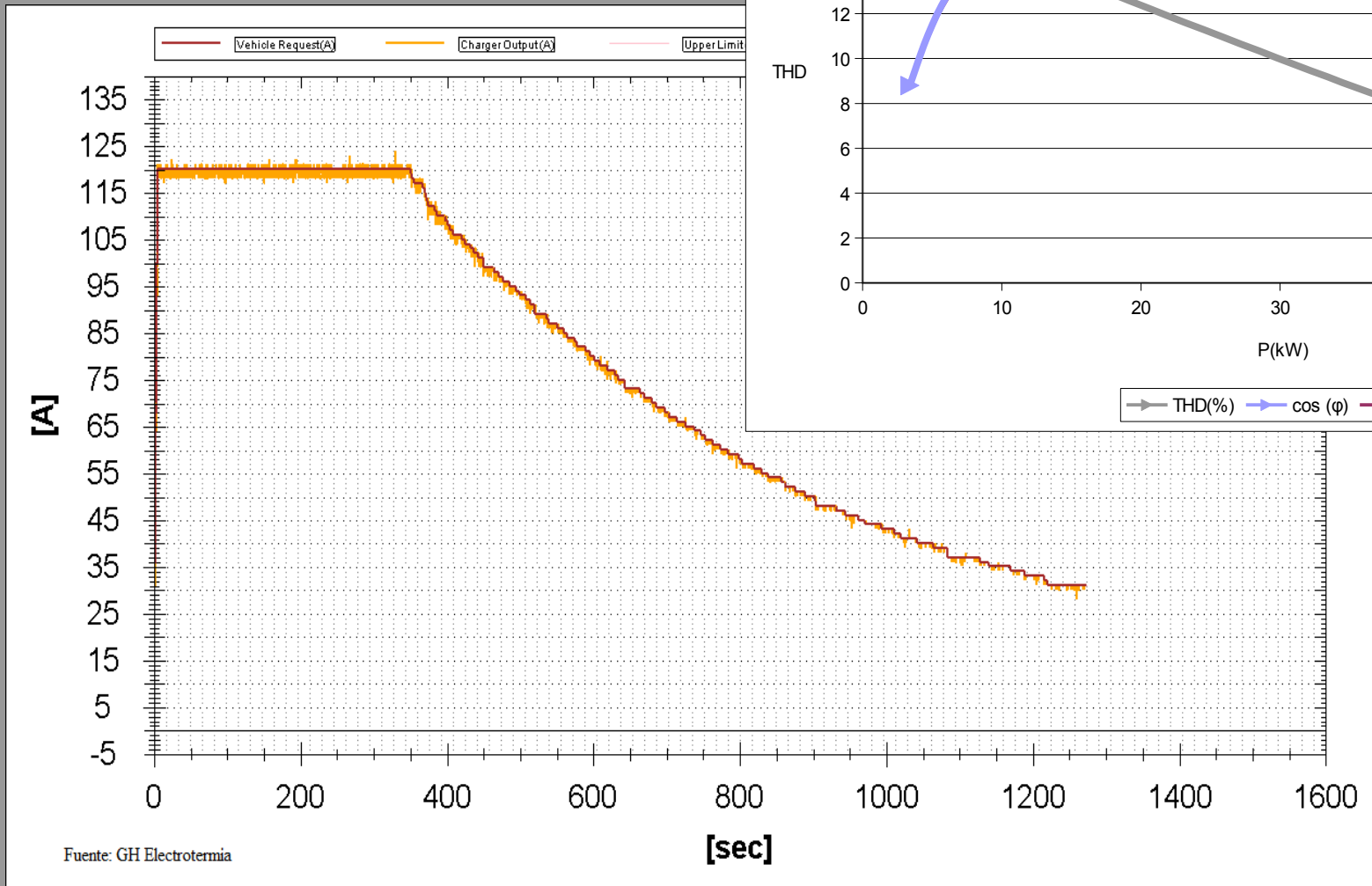
Asociación de Investigación y Co-
operación Industrial de Andalucía
(AICIA)



Institut de Recerca en Energia de
Catalunya
(IREC)

Fuente imágenes: GH Electrotermia

2 Funcionamiento cargador



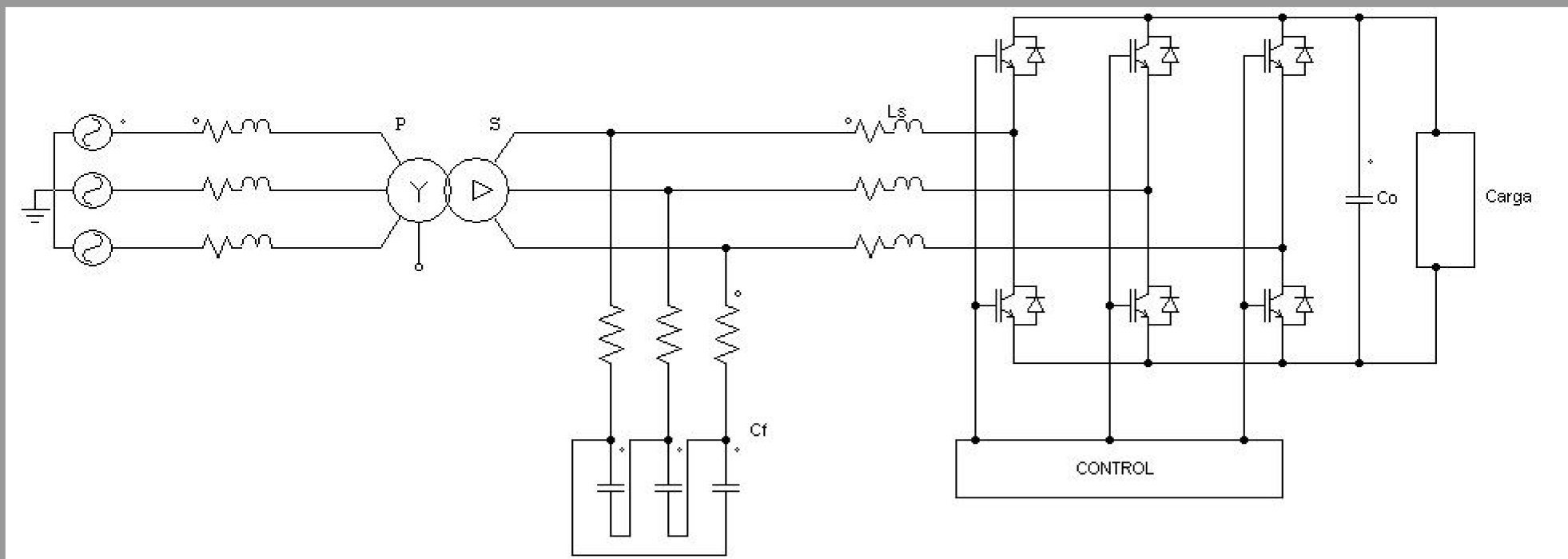
Fuente: GH Electrotermia

3 Justificación solución adoptada

Necesidades:

- ♦ Regulación de tensión del bus de continua debido a la presencia de baterías de almacenamiento → VSR
- ♦ Alta calidad energética → $i_a, i_b, i_c \rightarrow i_d, i_q$ $i_q = 0 \rightarrow$ HPF
- ♦ Funcionamiento B2G → VSI

Topología basada en un inversor trifásico VSI:



4 Modelo

$$\vec{u} = \begin{bmatrix} \hat{d}_d \\ \hat{d}_q \\ \hat{v}_{gd} \\ \hat{v}_{gq} \end{bmatrix}$$

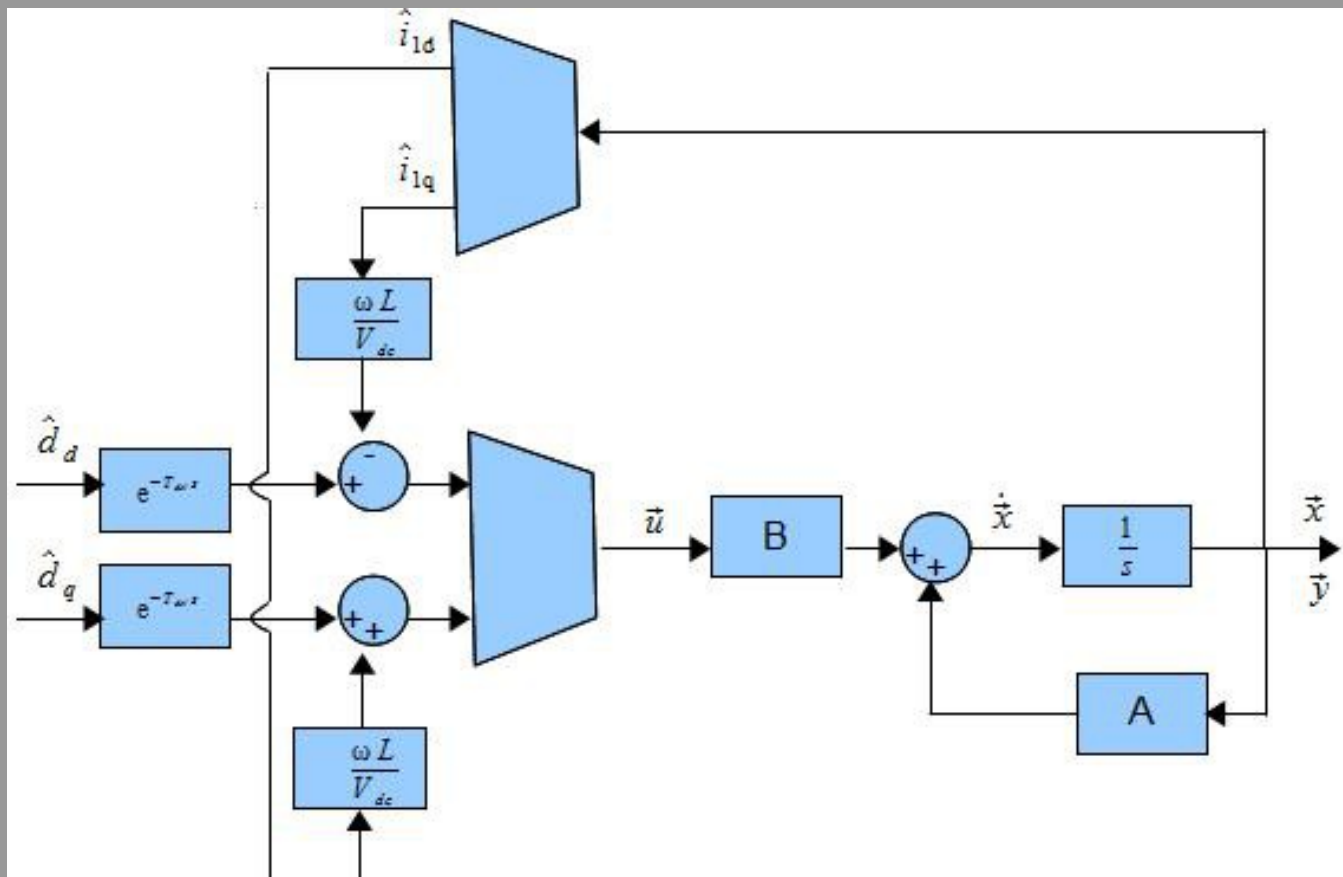
$$A = \begin{bmatrix} -\frac{R_d}{L_1} & \omega & \frac{R_d}{L_1} & 0 & -\frac{1}{L_1} & 0 & \frac{D_d}{L_1} \\ -\omega & -\frac{R_d}{L_2} & 0 & \frac{R_d}{L_1} & 0 & -\frac{1}{L_1} & \frac{D_q}{L_1} \\ \frac{R_d}{L_2} & 0 & -\frac{R_d}{L_2} & \omega & \frac{1}{L_2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{R_d}{L_2} & -\omega & -\frac{R_d}{L_2} & 0 & \frac{1}{L_2} & 0 \\ \frac{1}{C_f} & 0 & -\frac{1}{C_f} & 0 & 0 & \omega & 0 \\ 0 & \frac{1}{C_f} & 0 & -\frac{1}{C_f} & -\omega & 0 & 0 \\ -\frac{D_d}{C_o} & -\frac{D_q}{C_o} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{k_o}{C_o} \end{bmatrix}$$

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} \hat{i}_{1d} \\ \hat{i}_{1q} \\ \hat{i}_{2d} \\ \hat{i}_{2q} \\ \hat{v}_{cd} \\ \hat{v}_{cq} \\ \hat{v}_{dc} \end{bmatrix}$$

$$\vec{y} = \begin{bmatrix} \hat{i}_{1d} \\ \hat{i}_{1q} \\ \hat{i}_{2d} \\ \hat{i}_{2q} \\ \hat{v}_{cd} \\ \hat{v}_{cq} \\ \hat{v}_{dc} \end{bmatrix}$$

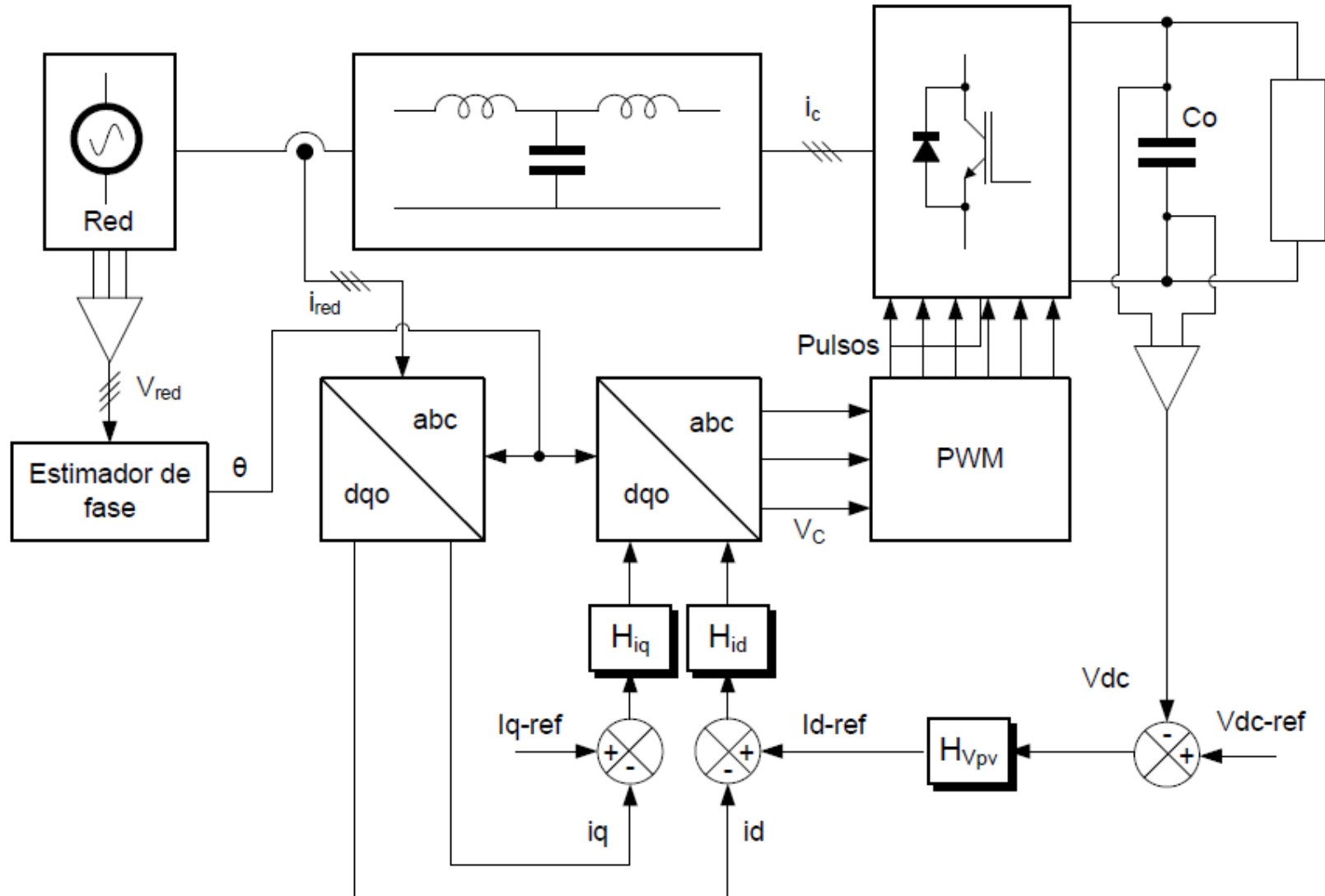
$$B = \begin{bmatrix} \frac{V_{dc}}{L_1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{V_{dc}}{L_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{L_2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{L_2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{I_{id}}{C_o} & -\frac{I_{iq}}{C_o} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4 Modelo



$$e^{-T_{del}s} \approx \frac{1 - 0.5T_{del}s + \frac{1}{12}(T_{del}s)^2}{1 + 0.5T_{del}s + \frac{1}{12}(T_{del}s)^2}$$

5 Diseño de los lazos de control

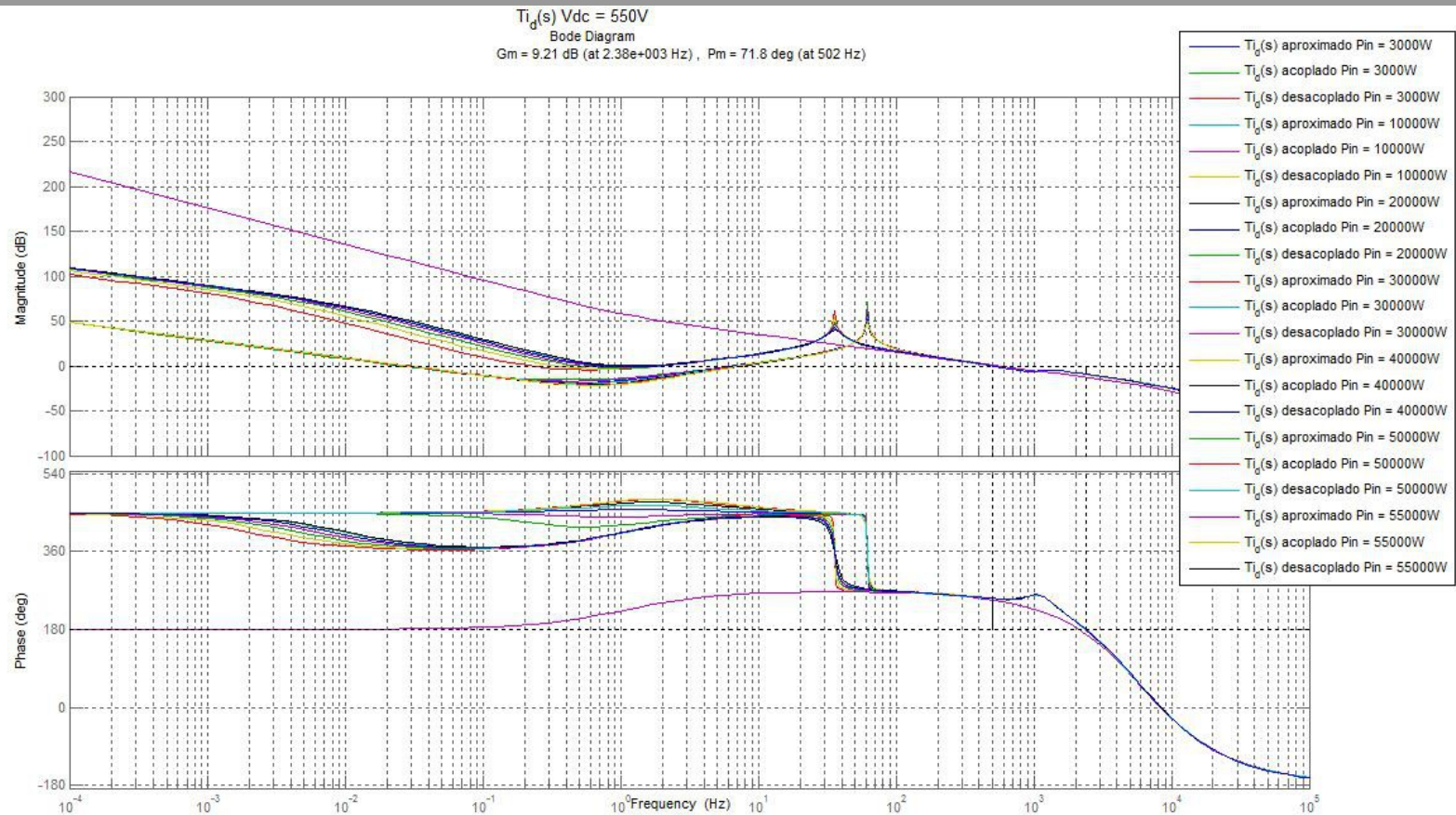


5 Diseño de los lazos de control

Diseño del regulador $G_s(s)$

Frecuencia de cruce $\frac{f_{sw}}{10} \leq f_c \leq \frac{f_{sw}}{5}$ $\frac{f_{sw}}{10} = \frac{5 \text{ kHz}}{10} = 500 \text{ Hz}$

Regulador tipo PI $G_s(s) = k_p + \frac{k_i}{s} = 0.006 + \frac{0.04}{s}$



5 Diseño de los lazos de control

Diseño del regulador $G_v(s)$

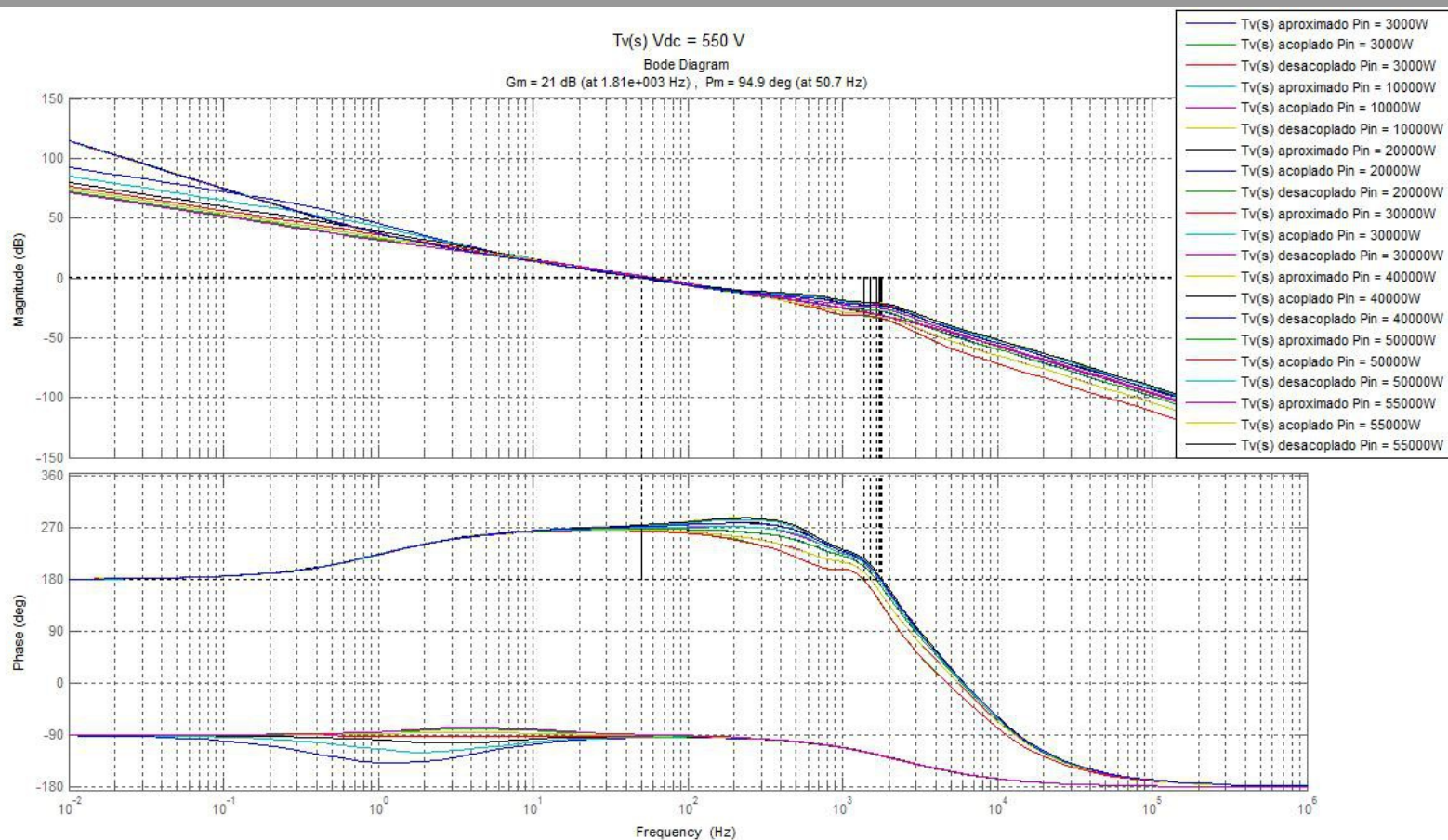
Frecuencia de cruce

50 Hz

$$BWF T_v(s) \ll BWF T_i(s) \rightarrow i_d \approx i_{dref}$$

Regulador tipo PI

$$G_v(s) = -\left(k_{pv} + \frac{k_{iv}}{s}\right) = -\left(3.5 + \frac{75}{s}\right)$$

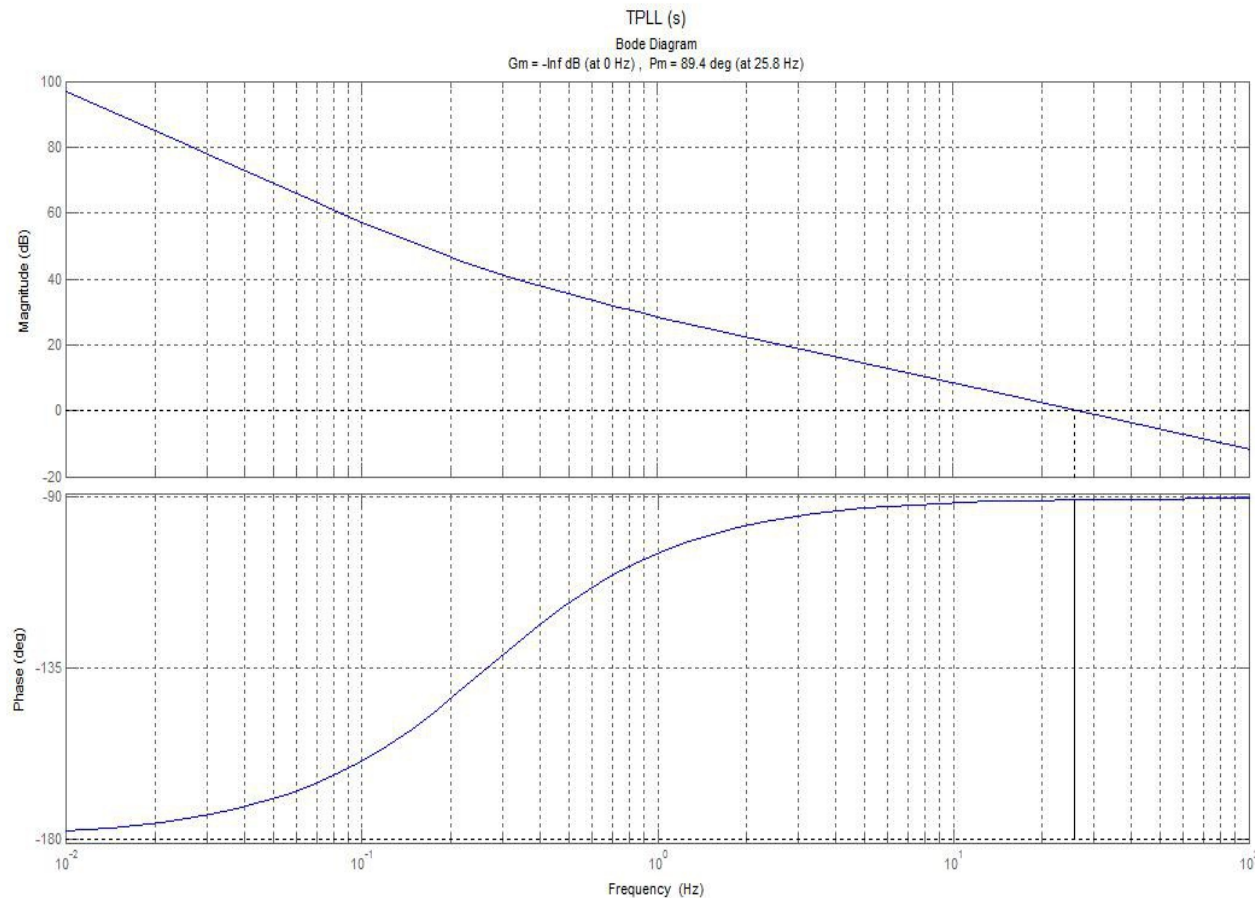


5 Diseño de los lazos de control

Diseño del regulador $H(s)$ del PLL

Frecuencia de cruce 25 Hz $f_{cpll} \ll f_r$

Regulador tipo PI $H_{PI}(s) = k_{pPLL} + \frac{k_{iPLL}}{s} = 0.6 + \frac{1}{s}$



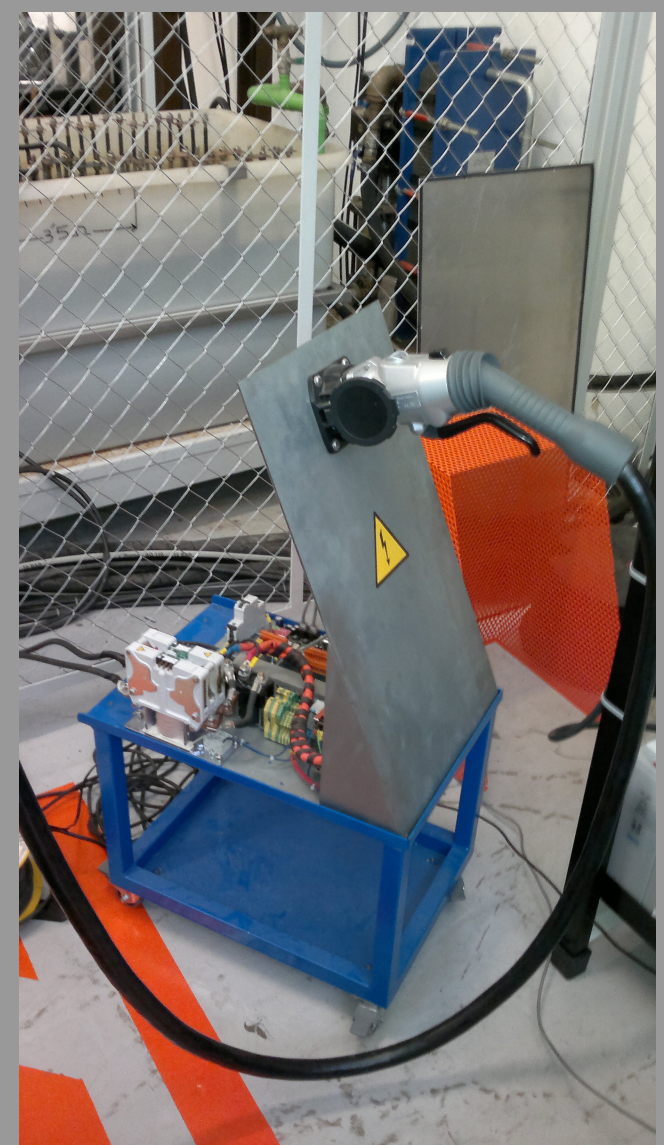
6 Descripción del prototipo experimental



Rectificador Activo



Cargador



Emulador

6 Descripción del prototipo experimental



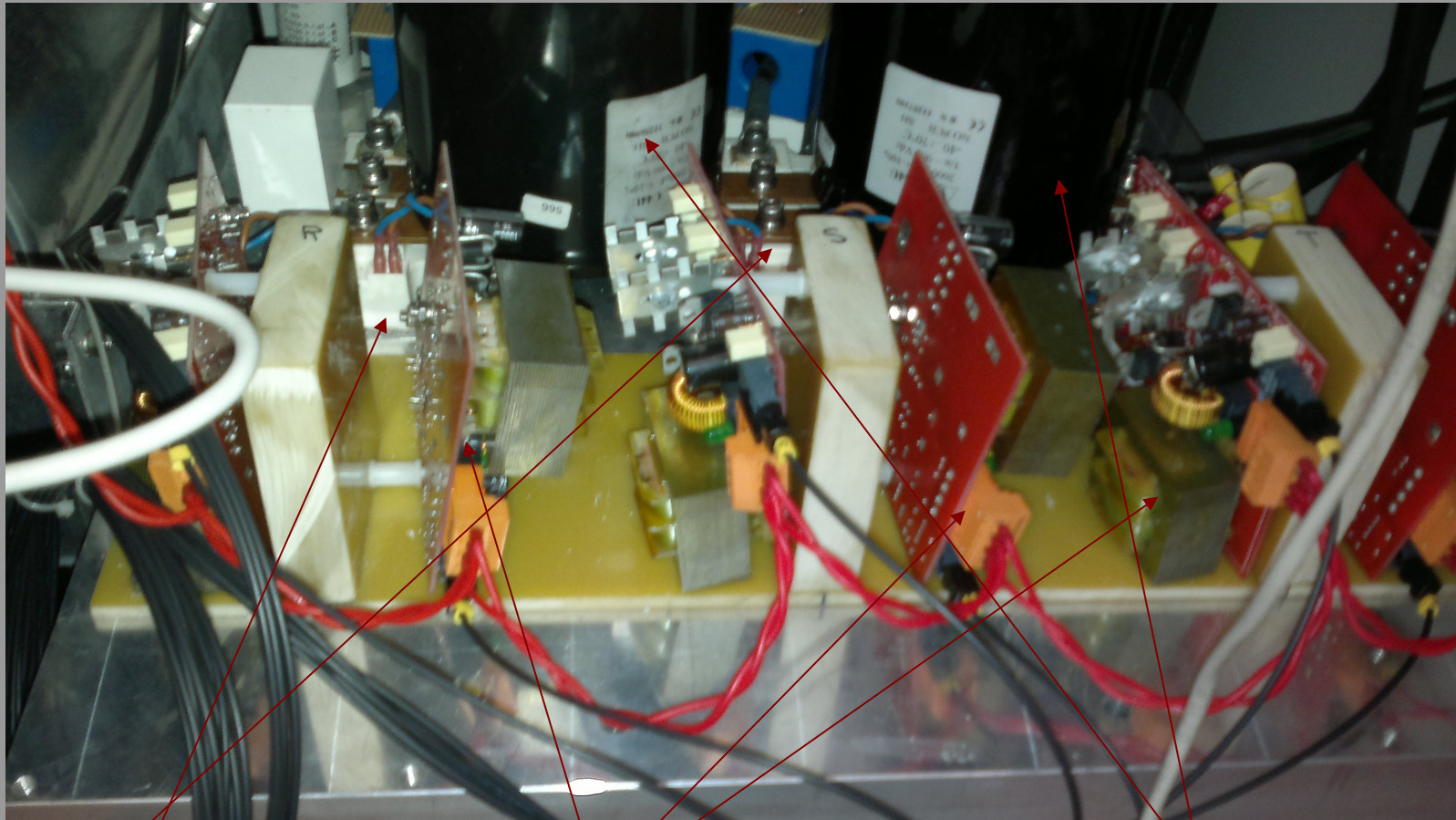
Transformador

Condensadores
+ Resistencias
de Dumping

Filtro EMI

Inductancia

6 Descripción del prototipo experimental

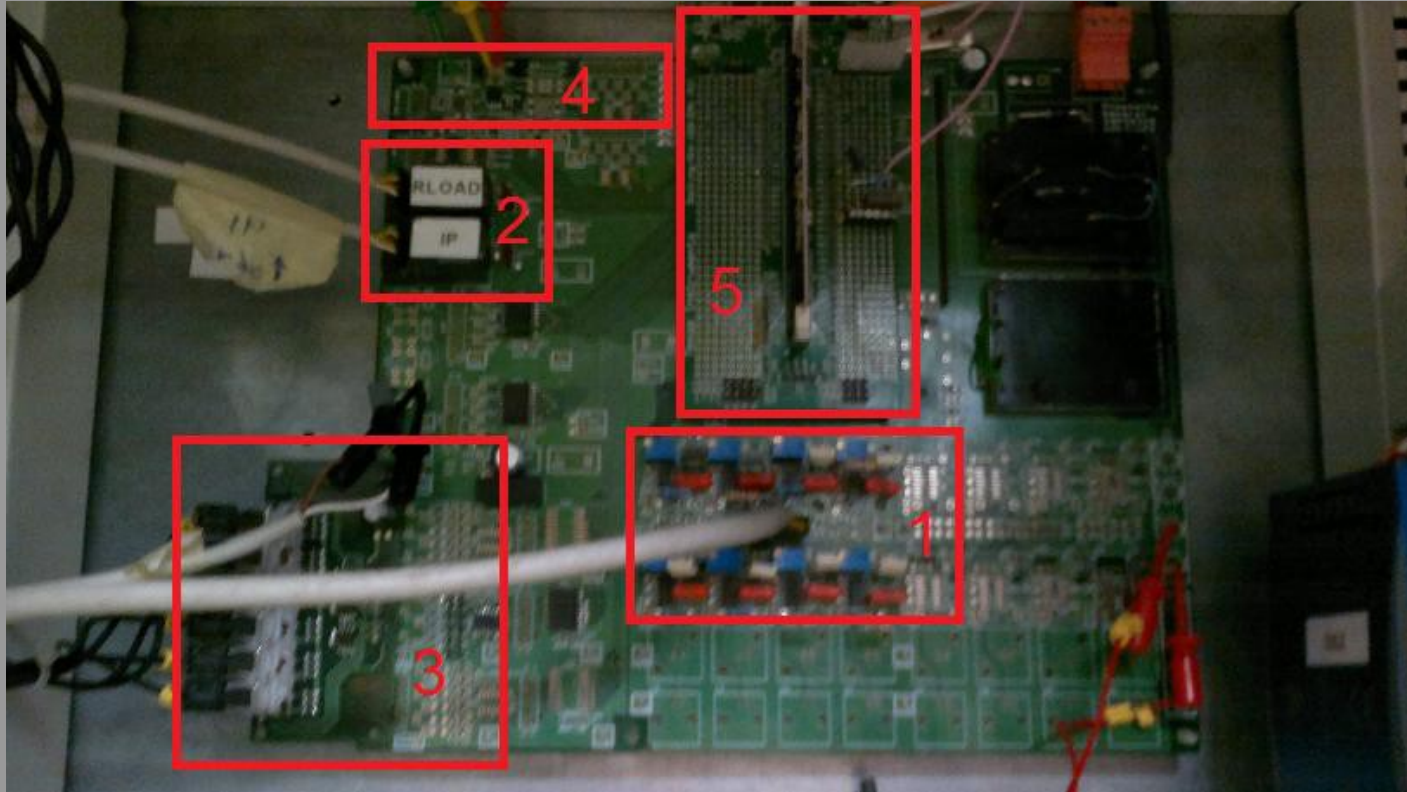


Semipuentes
de IGBTs

Tarjetas de
disparo

Condensadores
DC-Link

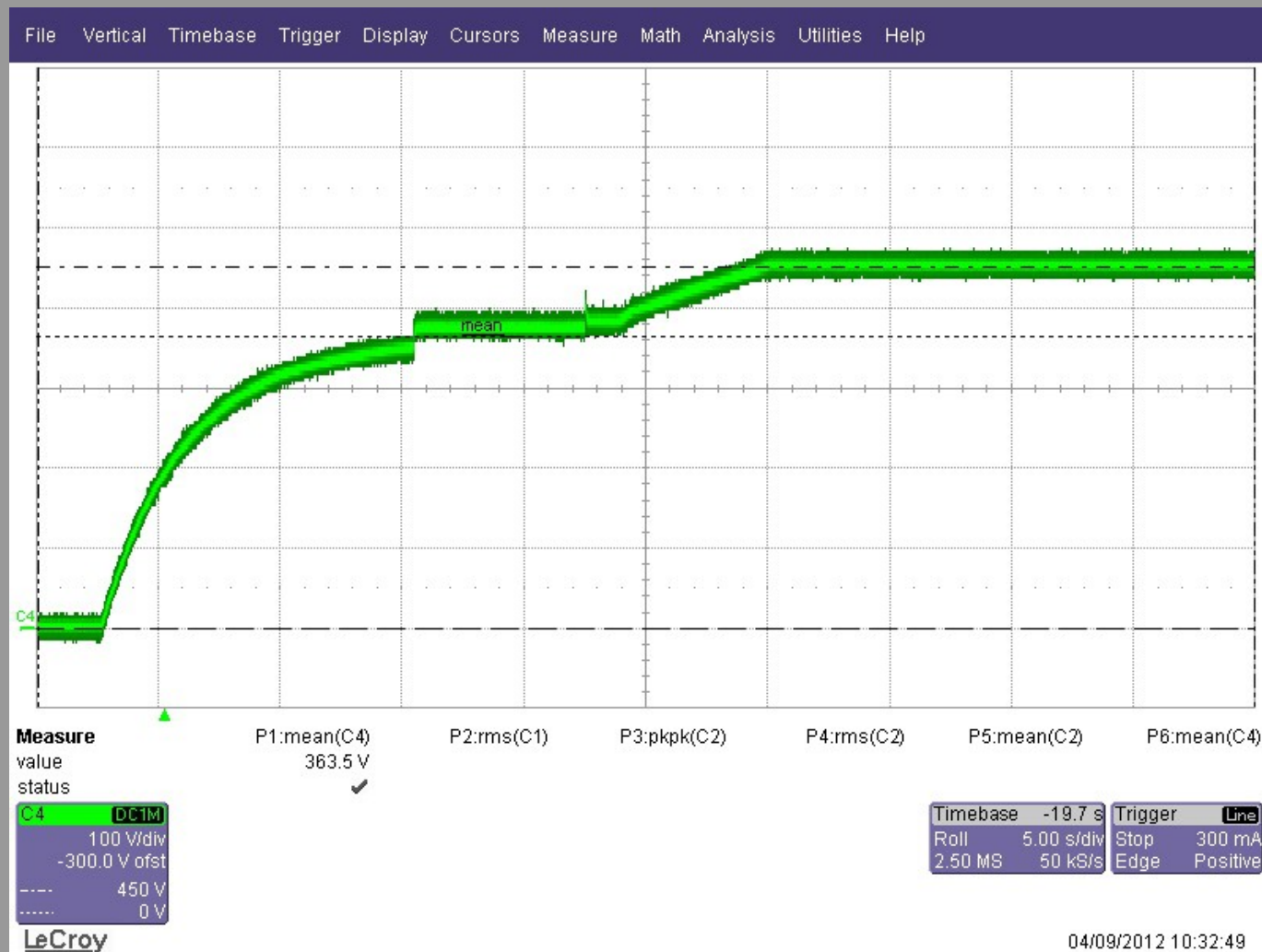
6 Descripción del prototipo experimental



1. Circuitos acondicionadores señales sensadas
2. Relés contactores de potencia
3. Circuitos acondicionadores señales PWMs
4. Buses de comunicaciones (CAN, SCI, I2C)
5. DSP TMS320F28335

7 Resultados experimentales

Proceso de carga del bus de continua

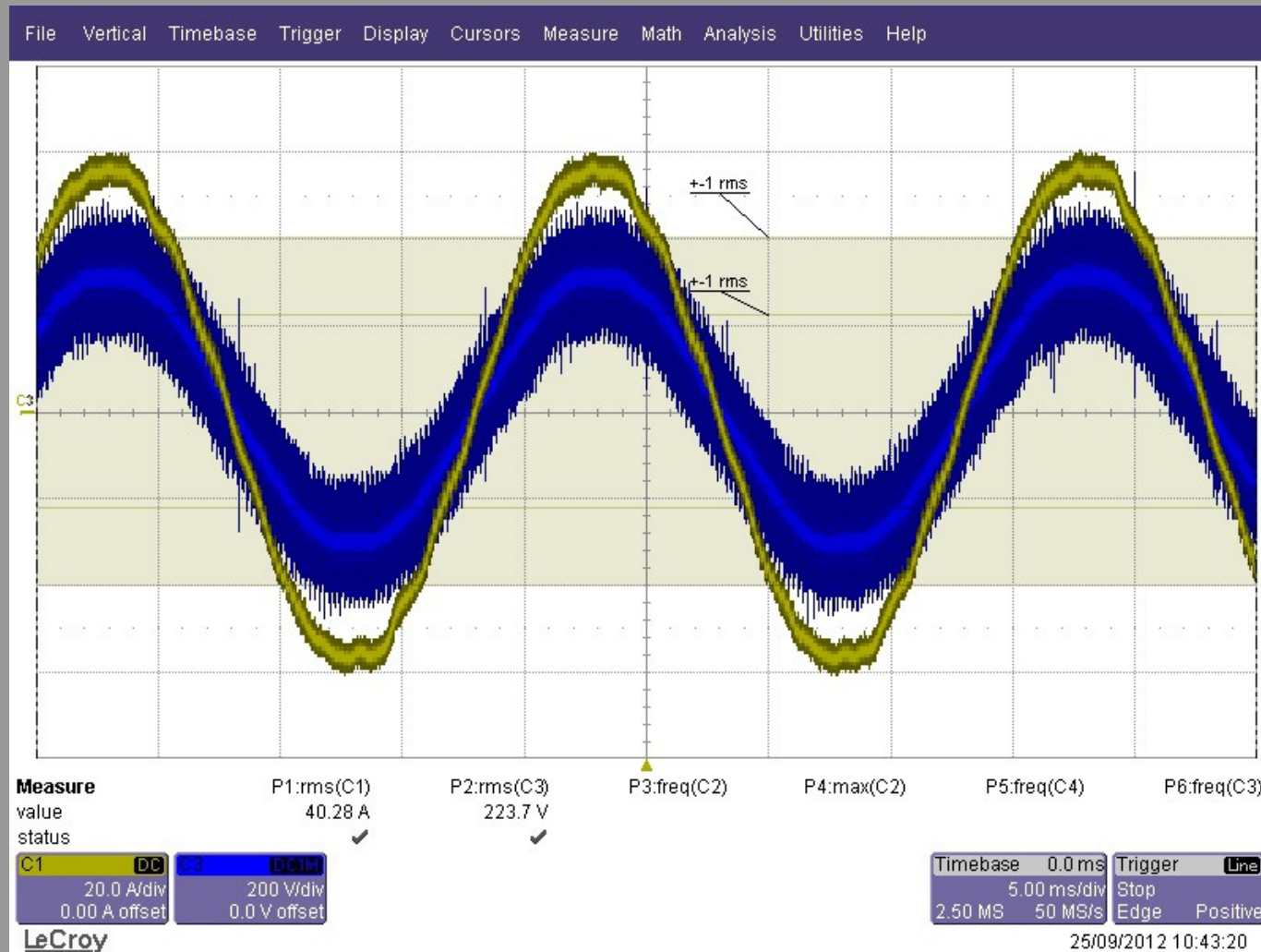


Verde → Vdc DC-Link Rectificador Activo

7 Resultados experimentales

Tensión y corriente a la entrada del convertidor

$P = 25 \text{ kW}$

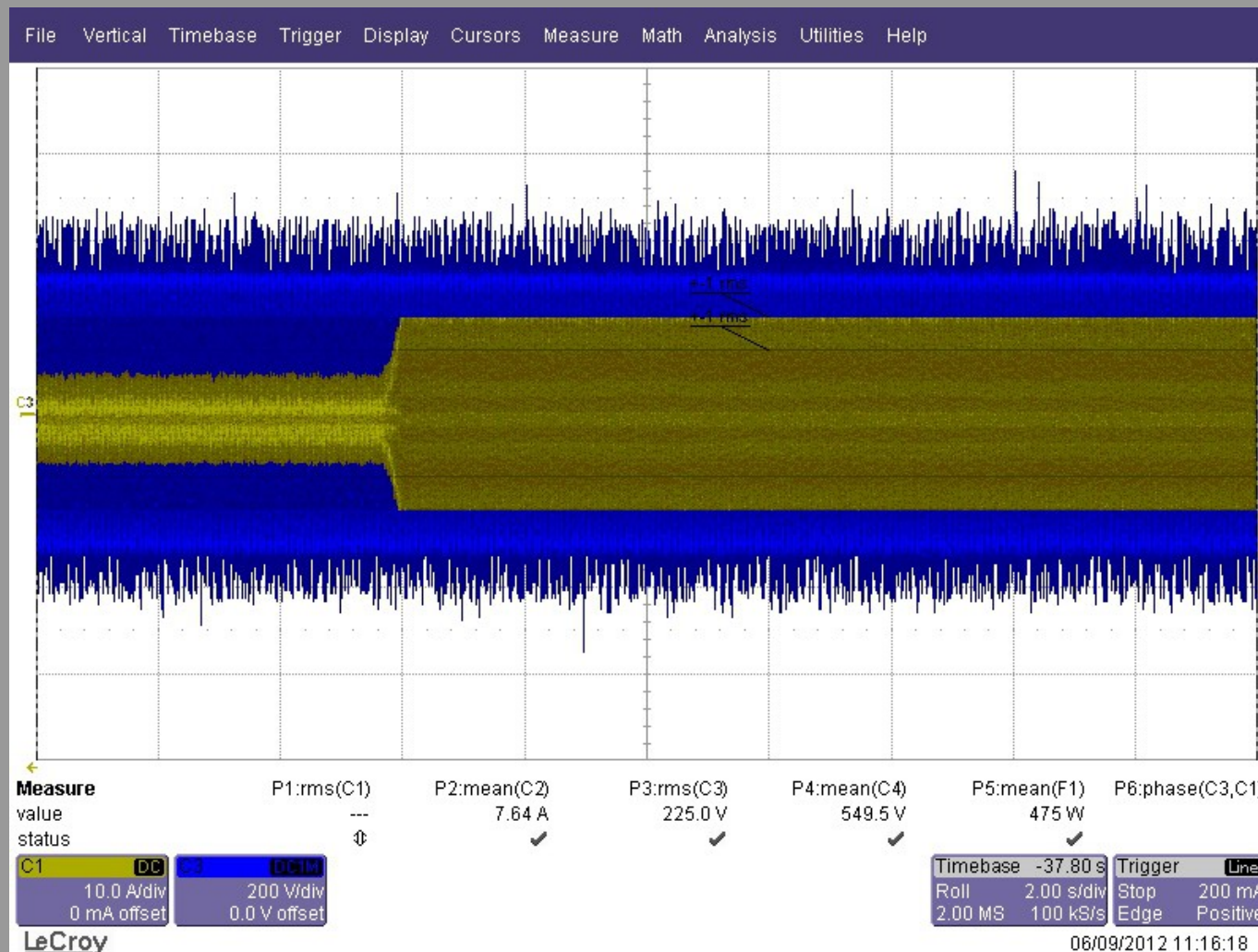


Azul → V_a primario transformador
Amarillo → I_a primario transformador

7 Resultados experimentales

Tensión y corriente a la entrada del convertidor

18%



Azul → V_a primario transformador
Amarillo → I_a primario transformador

7 Resultados experimentales

Tensión y corriente en la DC-Link

18%

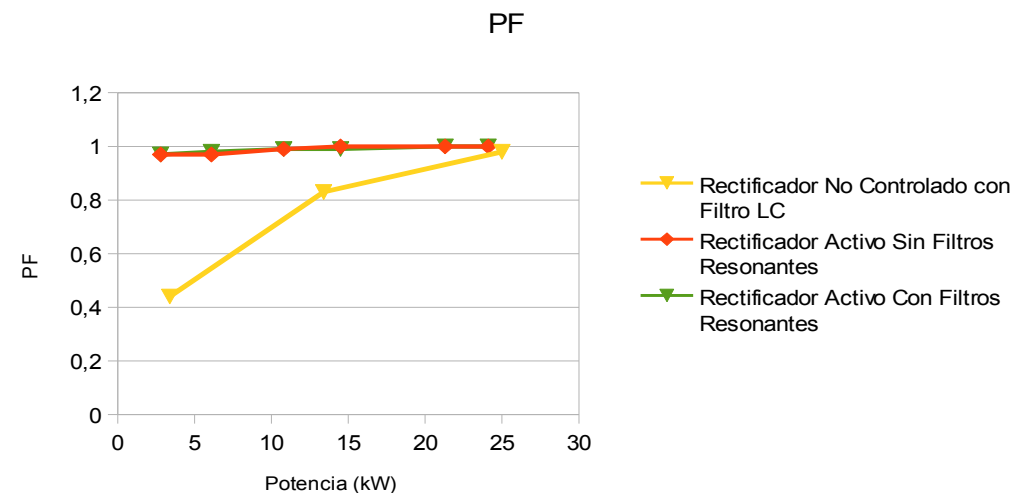
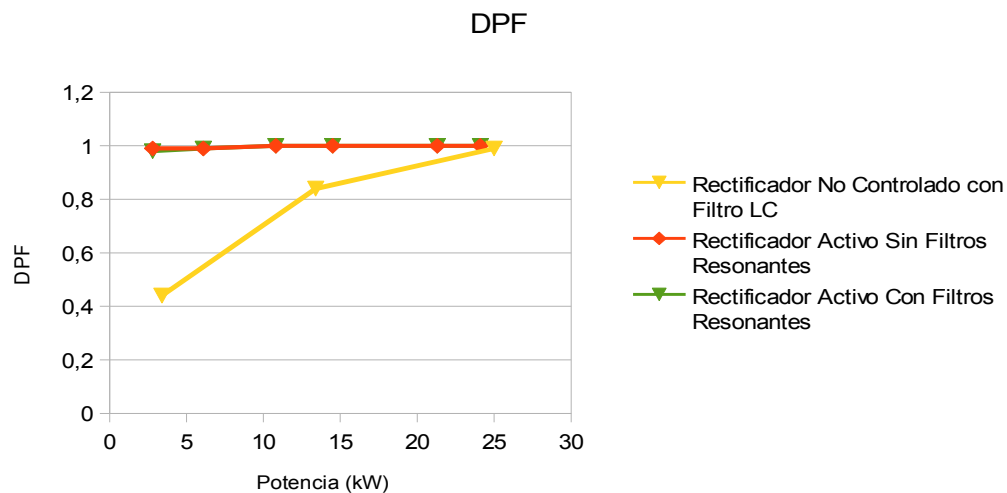
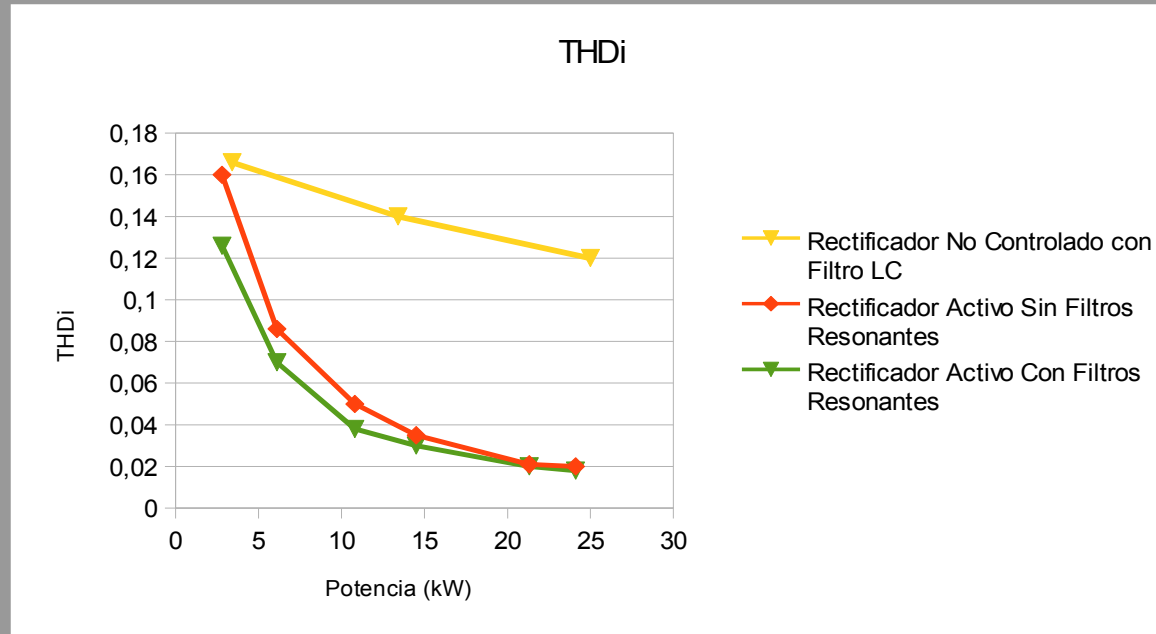


Verde → V_{dc}

Rojo → I_{dc}

7 Resultados experimentales

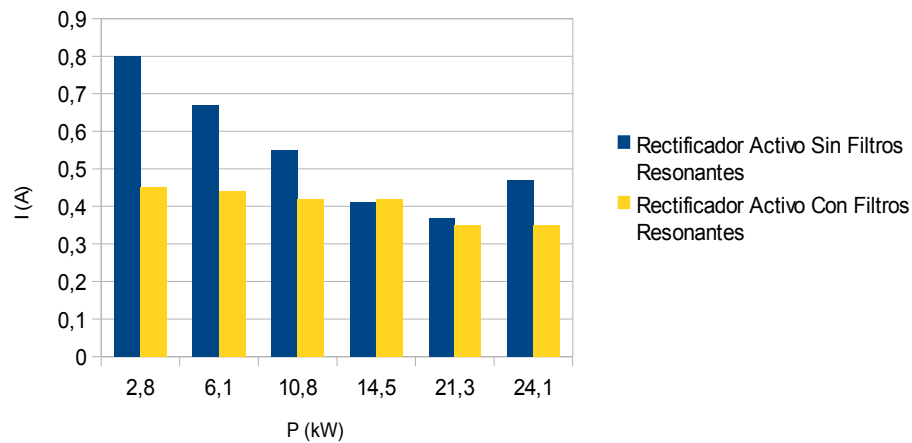
Medida del $THDi$, del DPF y del PF



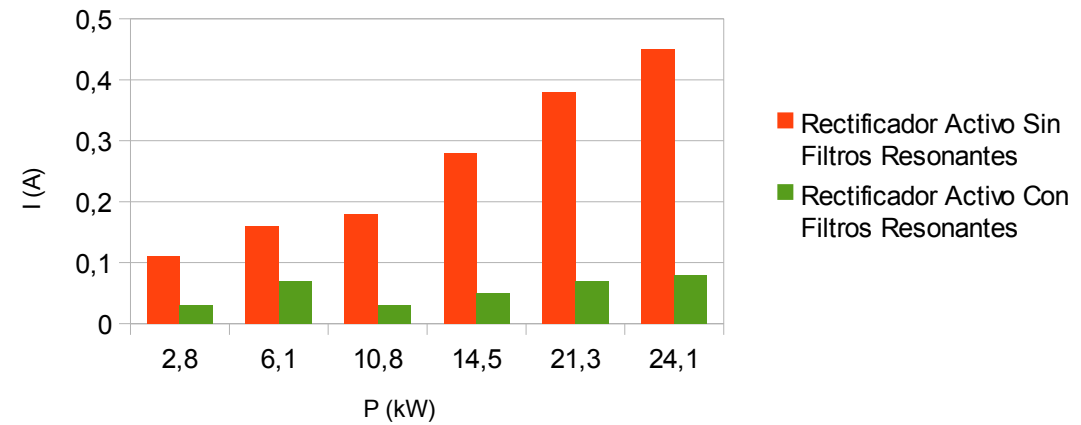
7 Resultados experimentales

Filtros resonantes

I 5º Armónico Vdc = 550 V



I 7º Armónico Vdc = 550 V



8 Conclusiones

- ♦ Sistema estable
- ♦ Sistema con un bajo THDi
- ♦ Sistema con alto PF

9 Trabajos futuros

- ♦ Integrar el sistema de almacenamiento de energía
- ♦ Integrar la funcionalidad B2G
- ♦ Posible creación de una microgrid formada por cargadores de vehículos eléctricos, sistemas de almacenamiento energético, sistemas de generación energética renovables y otro tipos de carga



Gracias por su atención

Fuente imagen: GH Electrotermia